



Trabajo Fin de Grado

Implementación del sistema BMS en unidades de montaña

Autor

D. Pablo Cabezas Sánchez

Director/es

Directora académica: Dra. Julia Herrero Albillos
Director militar: Capitán D. Jorge Huertos Aparicio

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2020

AGRADECIMIENTOS

Antes de comenzar con la memoria del Trabajo de Fin de Grado me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible que pueda cumplir mis objetivos durante mi vida académica y la realización del TFG. Quiero hacer especial mención a mis amigos y familiares los cuales me han apoyado durante todo este tiempo, a mi tutora académica, la Doctora Julia Herrero Albillos, por su disponibilidad para resolver las dudas y su ayuda durante la realización del trabajo. También me gustaría agradecer a mi tutor militar el Capitán Don Jorge Huertos Aparicio y al personal de la Compañía de Transmisiones del Batallón de Cuartel General de la Brigada Aragón I, los cuales han estado a mi completa disposición durante el tiempo que estuve en prácticas con ellos y me facilitaron toda aquella información que era requerida para el trabajo.

RESUMEN

El Trabajo de Fin de Grado “Implementación del sistema BMS en unidades de montaña” ha sido realizado durante un periodo de prácticas de seis semanas encuadrado en la Compañía de Transmisiones del Batallón de Cuartel General perteneciente a la Brigada Aragón I, ubicada en Zaragoza. Este trabajo surge del estudio motivado por el pelotón de montaña de la compañía, el cual se planteó la posibilidad de implementar el sistema de información BMS en las unidades de montaña.

La aparición de estos sistemas de información en el año 2000 con el sistema de información SIMACET en las unidades militares facilitó las labores de mando y control de los jefes. Dichos sistemas proporcionan una serie de herramientas las cuales permiten llevar a cabo un seguimiento de la misión y de las acciones que realizan las unidades. En el caso de las unidades de montaña no se implementó su uso debido a las dificultades de establecimiento de conexión en dicho terreno.

Uno de los medios con los que se podría implementar el sistema de información BMS en las unidades de montaña sería a través de los medios de cobertura global. Estos terminales se diferencian con los actuales en que emplean la tecnología satelital para su funcionamiento.

Para ello se llevó a cabo un estudio con el objetivo de entender la necesidad de implementar dicho sistema, por lo que se analizó la situación actual de las unidades de montaña.

Posteriormente se realizó un estudio sobre una serie de terminales civiles y militares con el fin de entender los requerimientos que debe tener el medio que se adquiriera para poder implementar dicho sistema. Tras esto se analizaron los posibles riesgos derivados de la incorporación de dichos dispositivos en las unidades y los que pudiesen surgir durante su utilización.

Del estudio realizado se concluye que la implementación de los sistemas de información en montaña es una necesidad y para ello se deben de adquirir una serie de medios de cobertura global con una serie de características determinadas obtenidas del análisis QFD que la hagan posible.

ABSTRACT

The Final Degree Project "Implementation of the BMS system in mountain units" has been carried out during a six-week internship within the Signal Company of the Headquarters Battalion belonging to the "Aragón I" Brigade, located in Zaragoza. And this project arises from the study motivated by the company's mountain platoon, which considered the possibility of implementing the BMS information system in the mountain units.

The appearance of these information systems in the year 2000 with the incorporation of the SIMACET information system in the military units facilitated the command and control tasks of the chiefs. These systems provide a series of tools which allow monitoring the mission and the actions carried out by the military units. In the case of mountain units, their use was not implemented due to the difficulties in establishing connection in said terrain.

One of the means by which the BMS information system could be implemented in mountain units would be through global coverage media. These terminals differ from the current ones in that they use satellite technology for their operation.

For this, a study was carried out in order to understand the need to implement this system, so the current situation of the mountain units was analyzed.

Subsequently, a study was carried out on a series of civil and military terminals in order to understand the requirements that the medium that is acquired must have in order to implement said system. After this, the possible risks derived from the incorporation of said devices in the units and those that could arise during their use were analyzed.

From the study carried out, it is concluded that the implementation of information systems in the mountain military units is a necessity and for this, a series of global coverage media with a series of characteristics obtained with the QFD analysis that make it possible must be acquired.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XIII
GLOSARIO	XV
1. Introducción	XVII
1.1. Objetivo y alcance del trabajo	XIX
1.2. Metodología.....	XIX
2. Mando y Control en las unidades de Montaña	XXI
3. Radioteléfonos vs medios de cobertura global	XXIII
3.1. Radioteléfonos.....	XXIII
3.2. Medios de cobertura global.....	XXIV
3.3. Sistemas de información a través de satélite	XXIV
3.4. Red Satelital del Ministerio de Defensa.....	XXV
4. Integración del sistema BMS en montaña a través de los medios de cobertura global	XXVIII
4.1. Terminales militares	XXVIII
4.2. Terminales civiles.....	XXIX
4.2.1. IRIDIUM.....	XXIX
4.2.2. INMARSAT.....	XXXI
4.2.3. THURAYA	XXXIII
4.3. Análisis QFD	XXXV
4.4. Análisis de riesgos sobre la implantación del terminal en las unidades ..	XXXVIII
5. Conclusiones y líneas futuras	XLII
5.1. Conclusiones	XLII
5.2. Líneas futuras.....	XLII
BIBLIOGRAFÍA	XLIV
ANEXOS.....	XLV

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- Ilustración_1. Captura de la interfaz del sistema BMS. Fuente: captura de pantalla.....20
- Ilustración_2. Orografía de Afganistán. Fuente: Wikipedia-Geografía de Afganistán.. XXI
- Ilustración_3. Transmisión de ondas radio. Fuente: <http://electromagneticas-calzadilla.blogspot.com>..... XXIII
- Ilustración_4. Transmisión de ondas satelitales. Fuente: Instituto Politécnico Nacional Comunicaciones satelitalesXXIV
- Ilustración_5. Mapa de cobertura de los satélites SPAINSAT (zona naranja) y XTAR-EUR (zona azul)XXVI
- Ilustración_6. TLX-5 IP. Fuente: Elaboración propiaXXIX
- Ilustración_7. Mapa de cobertura de los satélites IRIDIUM. Fuente: www.iridium.comXXX
- Ilustración_8. Terminal Iridium 9575 Extreme. Fuente: www.onedirect.es/productos/iridium/telefono-satelite-iridium-9575-extremeXXX
- Ilustración_9. Terminal Iridium GO! Fuente: www.globalsat.us/products/gi-iridium-goXXXI
- Ilustración_10. Mapa de cobertura de los satélites INMARSAT. Fuente: www.inmarsat.comXXXII
- Ilustración_11. Terminal BGAN EXPLORER 500. Fuente: hwww.nautical.es/equipos/comunicaciones/bgan-explorer-500XXXII
- Ilustración_12. Mapa de cobertura de los satélites THURAYA. Fuente: www.thuraya.comXXXIII
- Ilustración_13. Terminal Thuraya IP. Fuente: www.thuraya.com/thuraya-ipXXXIII

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla_1. Características técnicas de los medios de cobertura global. Fuente: Elaboración propia.XXXIV
- Tabla_2. Análisis QFD. Fuente: Elaboración propiaXXXVI
- Tabla_3. Análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.XXXIX
- Tabla_4. Análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propiaXLI

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AAS	Autorización de acceso satelital
BCZM	Batallón de cazadores de montaña
BMS	Battlefield Management System
DAMA	Acceso Múltiple Asignado bajo Demanda
ET	Ejército de Tierra
FFT	Friendly Force Tracking (Seguimiento de Fuerzas Propias)
GPS	Sistema de posicionamiento global
Kbps	Kilobits por segundo
LAN	Local Area Network (red de acceso local)
PPT	Pliego de prescripciones técnicas
QFD	Quality Function Deployment (Despliegue funcional de la calidad)
SAS	Solicitud de acceso satelital
SECOMSAT	Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite.
SIMACET	Sistema de mando y control del Ejército de Tierra
VHF	Very High Frequency (Muy alta frecuencia)

GLOSARIO

- **Sistemas de información:** Conjunto de datos que interactúan entre sí con un fin común. En el caso del ejército para el desarrollo del mando de las unidades.
- **Interfaz:** Conjunto de elementos de la pantalla que permiten al usuario realizar acciones sobre la aplicación software que se está utilizando.
- **Brainstorming:** Método de trabajo grupal, que consiste en realizar una tormenta de ideas en la que cada uno de los miembros va dando ideas, para posteriormente hacer una selección de las mismas.
- **Transpondedores:** Es un dispositivo que recibe una señal y envía otra como resultado de la generada por la que llega.
- **Red Lan:** Redes de área local que abarcan sitios pequeños y específicos al ser de poco alcance y sirven para enviar paquetes de información entre los dispositivos sin necesidad de salir a internet.
- **Espectro electromagnético:** Es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas
- **Latencia:** Suma de retardos temporales dentro de una red.
- **Cobertura:** Área geográfica que cubre una estación específica de telecomunicaciones.
- **Entidad:** Rango de una unidad de un ejército.
- **Puesto de mando:** Zona delimitada en la que se encuentran los jefes de las unidades y otros elementos relacionados con el mando de una unidad.
- **Autorización de Acceso Satélite (AAS):** Documento que autoriza al empleo del satélite para crear el enlace entre dos terminales satélite, definiendo las características del enlace
- **Solicitud de Acceso Satélite (SAS):** Documento a través del cual se solicita permiso para acceder a usar un satélite para realizar un enlace entre dos terminales satélite.
- **Trama:** Unidad de envío de datos.

1. Introducción

En la actual Era de la Información los avances tecnológicos han provocado que las personas puedan estar constantemente conectadas a la red, lo que se ha traducido en una mejoría de la vida y del conocimiento.

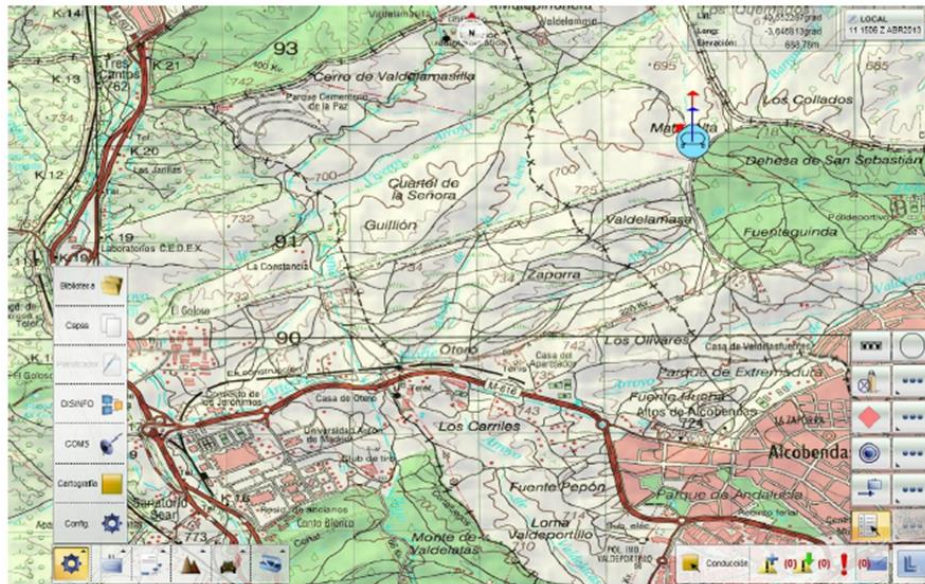
Sociólogos como Manuel Castells han realizado estudios de esta nueva sociedad red, la cual está estructurada en torno a las redes en lugar de los actores individuales, y funciona a partir de un flujo constante de información a través de la tecnología. Estos avances se han traspuesto también al ámbito político y militar para no quedarse atrás en la carrera con otros países. Castells reflejó esto en el prólogo de su escrito ***La era de la información. Economía, sociedad y cultura***, “la incapacidad del estatismo soviético para dominar la revolución de la tecnología de la información ahogó su capacidad productiva y socavó su poderío militar”, una de las causas de la caída de la Unión Soviética fue su falta de capacidad de adoptar los nuevos sistemas de información. [1]

En el caso de España y más especialmente en el caso de sus fuerzas armadas, la adopción de las nuevas tecnologías y sistemas de información han dado lugar a una modernización de la función de combate mando y control de las unidades. Si bien esta función de combate se refiere a todas aquellas acciones que los jefes militares llevan a cabo para dirigir y coordinar sus fuerzas con el consiguiente objetivo de obtener el éxito de la operación, este éxito solo se logrará si se consigue una superioridad de información respecto al enemigo con la que adelantarse a todas sus acciones. Para esto se desarrollaron los llamados sistemas de información.

Los sistemas de información son sistemas capaces de mostrar de un modo claro y sencillo el desarrollo de la operación en tiempo real, a través de una serie de herramientas que facilitarán la toma de decisiones, su difusión y el intercambio de información entre las unidades de a pie y los puestos de mando que están conduciendo la operación. El Ejército de Tierra (ET), dispone actualmente de cuatro sistemas de información:

- **Seguimiento de Fuerzas Propias o Friendly Force Tracking (FFT):** permite conocer exactamente la situación de las unidades y su evolución en el transcurso de la maniobra mejorando su seguridad y operatividad. En desuso actualmente.
- **Thales:** sistema de mando y control empleado en las unidades de artillería.
- **Sistema de Mando y Control de Ejército de Tierra (SIMACET):** sistema de mando y control empleado en los puestos de mando con la funcionalidad de planeamiento y conducción de las operaciones.
- **Battlefield Management System (BMS):** sistema más moderno de todos ellos desarrollado para llevar a cabo el planeamiento y conducción de una operación sobre el terreno.

Este trabajo se en el sistema de información BMS el cual es un sistema de información actualmente empleado para la transferencia de información entre las unidades de entidad Brigada e inferior. Este sistema se basa en una aplicación software la cual dispone de una interfaz que permite ver el movimiento de las unidades en tiempo real y transmitir las órdenes a las mismas.



Ilustración_1. Captura de la interfaz del sistema BMS. Fuente: captura de pantalla.

Al tratarse el sistema BMS de un sistema software, se debe disponer de un dispositivo para poder mostrarse, para lo que se emplean ordenadores o tablets con el sistema operativo Windows instalado. Para poder conectar el dispositivo al mismo fichero de misión, previamente desarrollado, debe haber un medio que permita la transferencia de información entre ellos. Esta transferencia de información, que no es más que una transferencia de datos está basada actualmente en el empleo de los sistemas de radioteléfonos más modernos como es el caso de las radios PR4G-V3 y Harris 5800, las cuales permiten el intercambio de datos entre ellas. [2]

El uso de las radios es efectivo siempre que entre ellas haya una línea de visión directa, es decir, al transmitir las ondas no haya ningún obstáculo en medio que haga que no lleguen al destino o siempre que la distancia entre las mismas no sea demasiado grande para que las ondas no se disipen en su viaje hacia la estación destino. En el caso de la gran mayoría de unidades esto último no suele ser muy importante, ya que al trabajar en terrenos sin una orografía especialmente escarpada estas pérdidas suelen ser escasas. En el caso de los puestos de mando, los cuales son los encargados de recibir las órdenes del órgano superior, suelen estar en posiciones alejadas. Para ello deben disponer de algún dispositivo que sea capaz de mostrar la información y los mismos al ser estáticos emplean los denominados medios de cobertura global, los cuales basan su funcionamiento en la tecnología satelital, gracias a la cual se puede establecer contacto con cualquier parte del mundo sin importar la distancia.

Ahora bien, si nos centramos en el caso de las unidades de montaña que son empleadas en terrenos con una orografía bastante irregular las pérdidas de contacto son frecuentes al no poder establecer contacto. Además al ser unidades móviles el empleo de terminales de cobertura global se dificulta, ya son equipos principalmente estáticos. Estos factores han provocado que el sistema BMS no se haya implementado en dichas unidades y el medio de dar las órdenes y de informar de la situación la misión se base en el sistema rudimentario de dar la información a través del sistema de radiotelefonía.

1.1. Objetivo y alcance del trabajo

El objetivo del trabajo será por tanto buscar aquella solución que permita implementar el sistema BMS en las unidades de montaña, con el fin de equiparar ésta al resto de unidades y modernizar la forma en la que actualmente se lleva a cabo la conducción de las operaciones.

Al ser imposible la implantación del mismo por el sistema de radiotelefonía, el trabajo se centrará en el estudio de la tecnología satelital y de la posibilidad de su uso en las unidades montaña. Y en el caso de que sea posible su uso y la implantación del sistema BMS a través de la tecnología satelital se llevará a cabo un estudio de los medios de cobertura global de los que dispone el ejército y de aquellos terminales civiles que permitan satisfacer esta necesidad con el objetivo de obtener un pliego de prescripciones técnicas con el que posteriormente obtener el medio que solucione este problema.

1.2. Metodología

Para el desarrollo del TFG y obtener la viabilidad de la solución del problema planteada se llevó a cabo lo siguiente:

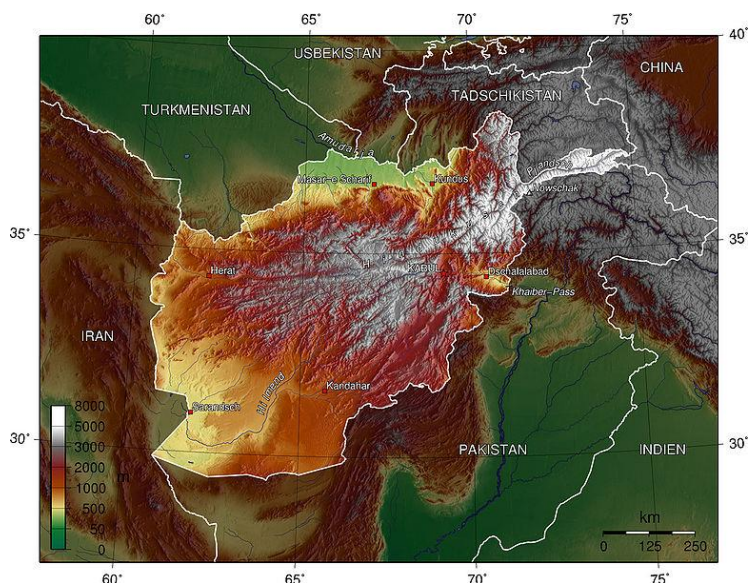
1. Análisis de la situación actual de la función de combate mando y control en las unidades de montaña. Para ello se entrevistó al Cabo Primero Lucas, jefe actual del pelotón de montaña perteneciente a la Compañía de Transmisiones del Batallón de Cuartel General de la Brigada Aragón.
2. Estudio de los sistemas de cobertura global disponibles en el ET, así como la red y el programa de desarrollo que dispone el mismo. A parte se estudiaron medios de cobertura global de distintas marcas, que permiten solucionar la cuestión planteada.
3. Análisis QFD de los distintos equipos estudiados con el fin de obtener el pliego de prescripciones técnicas (PPT) deseado que permita la obtención del medio planteado. El análisis QFD es una metodología usada en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten a los gustos y necesidades del usuario y gracias al mismo podemos obtener una visión general del producto deseado:

- Visión objetiva de las características que los operadores buscan en el terminal para que les permita la utilización del sistema BMS en montaña.
 - Priorización de las características.
 - Situación actual del dispositivo propio y de aquellos aspectos que habría que mejorar. [3]
4. Análisis de riesgos sobre la viabilidad de la solución propuesta. Este análisis de riesgos se basó en un análisis de aquellos problemas que pudiesen surgir durante la utilización de los dispositivos y la implantación de los mismos en las unidades. Para seleccionar los riesgos, se hizo un brainstorming junto con los miembros de la Compañía de Transmisiones pertenecientes al pelotón de montaña. [4]

2. Mando y Control en las unidades de Montaña

El Batallón de Cazadores de Montaña (BCZM) es el nombre que se le da en el ET al batallón de infantería con capacidades, conocimiento y material para combatir en montaña. Esta es una de las unidades más técnicas del ejército, ya que para poder ser apto para una vacante en dicha unidad, a excepción de la tropa, es necesario la realización de un curso relativo al combate en montaña, en el que se adquieren los conocimientos relativos al combate y movimiento en montaña.

La situación geográfica de España obliga a que esta sea una de las unidades que debe estar siempre lista para el combate debido a las fronteras naturales en el norte del territorio, la cordillera pirenaica que delimita Francia y España. Además, históricamente ha sido una de las unidades que ha desempeñado acciones muy importantes fuera del territorio nacional, como fue el caso de la Operación ASPFOR en Afganistán (2002-2013), en la cual fue desplegada cuatro veces, más que ninguna otra unidad, debido principalmente a la orografía del país en cuestión¹, como se puede apreciar en la ilustración 2.



Ilustración_1. Orografía de Afganistán. Fuente: Wikipedia-Geografía de Afganistán

Pero a pesar de todo esto, en la actualidad las unidades de montaña están quedándose obsoletas respecto a otros países, debido no solo al escaso desarrollo tecnológico que han sufrido durante los últimos años, sino a que también están

¹ Afganistán es un país que posee una orografía escarpada con más de 100 picos de 6000 metros de altura, llegando hasta los 7500 metros de altura respecto al nivel del mar.

perdiendo efectivos al sufrir continuas variaciones en su organización², pasando a un segundo plano.

El escaso desarrollo tecnológico es apreciable en el sistema de telecomunicaciones empleado, el cual se basa en el empleo de dos radioteléfonos, la PR4G-V3 y la Harris 5800. Dos radioteléfonos que poseen unas cualidades limitadas en comparación con otros dispositivos como los medios de cobertura global.

Para obtener una visión general de la situación actual de la situación de los sistemas de información y de los medios empleados en las unidades de montaña se realizó la una entrevista al Cabo Primero Lucas jefe del pelotón de montaña de Compañía de Transmisiones del Batallón de Cuartel General de la Brigada Aragón I. La entrevista transcrita completa se encuentra disponible en el Anexo 1, incluyendo a continuación las principales conclusiones que se han extraído:

- Con el sistema actual, la orografía provoca que haya ciertos puntos del terreno en los que la línea de visión se pierda, y provoca que las ondas radio emitidas no lleguen a la estación radio receptora.
- El movimiento de las unidades durante la misión provoca que la distancia con el puesto de mando aumente, a lo que si sumamos la orografía escarpada, provocando que la conexión se pierda.
- La radio Harris en particular se puede desplegar junto con una antena portátil con la que se consigue aumentar el alcance de manera considerable, pero este proceso conlleva mucho tiempo y solo es empleado para momentos puntuales, situaciones de emergencia, ya que con esto se pierde la movilidad de la unidad durante dicho tiempo y es fácilmente detectable por el enemigo.
- El empleo de repetidores radio no es eficaz, porque estos se basan en involucrar a personal propio de la unidad o de otra unidad en otra tarea que no es efectiva para el cumplimiento de la misión.

Por lo tanto, el sistema de telecomunicaciones actualmente empleado en montaña no es efectivo para la implantación de un sistema de información como el sistema BMS. Para buscar una solución de cómo poder implementar el sistema se estudiarán diversos medios de cobertura global. Estos terminales satelitales permitirán mejorar el mando y control de las unidades de montaña, al proporcionar un conocimiento exacto de la situación de las operaciones en todo momento.

² A finales del 2020, el pelotón de montaña de la Compañía de Transmisiones del Batallón de Cuartel General de la Brigada Aragón I debe desaparecer, con lo que desaparece el núcleo de transmisiones especializado en montaña del que disponía el ET, ya que a partir de ahora el BCZM pasa a depender directamente de la División Castillejos, en vez de a la Brigada Aragón I.

3. Radioteléfonos vs medios de cobertura global

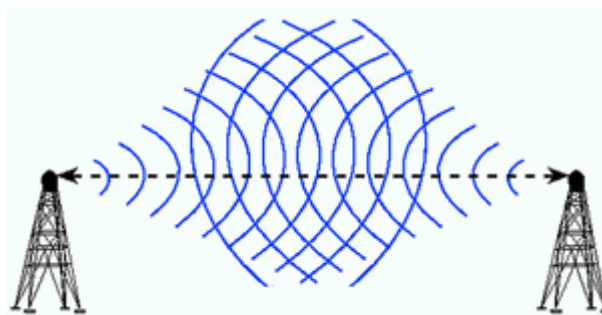
El sistema empleado actualmente en las fuerzas armadas, especialmente en las unidades de a pie, se basa en el empleo de los radioteléfonos para el intercambio de información durante las operaciones. Ahora bien, la aparición de los medios de cobertura global y el desarrollo que están sufriendo, lleva a pensar que estos pudieran sustituir a los radioteléfonos. Para ello se explicará el sistema usado actualmente y el sistema satelital, y si el mismo pudiese emplear actualmente para la implementación del sistema BMS en las fuerzas armadas.

3.1. Radioteléfonos

El **radioteléfono PR4G-V3** en montaña es empleado en su modalidad VHF³, con una banda de frecuencias entre los 30 y los 87,975 MHz y su alcance es un factor altamente variable en función de condiciones tales como la potencia de transmisión de los transceptores, el tipo de antenas empleadas, los obstáculos y vegetación que presenta el terreno, las pérdidas ocasionadas por interferencias propias, e incluso, de manera muy notable, la climatología. Es por esto que sólo se pueden aproximar datos en condiciones ideales o próximas a las mismas; a partir de estos datos se pueden deducir menores alcances en condiciones menos favorables. Por lo tanto, teniendo en cuenta las condiciones anteriores y con una configuración portátil estaríamos ante un alcance de unos 6-8 kilómetros. [5]

En el caso del **radioteléfono Harris 5800**, el cual a pesar de ser un radioteléfono diseñado para trabajar en la banda HF, permite trabajar en VHF trabaja en el rango de frecuencias que abarca de 30 a 59.999 MHz- Esto lo que provoca que su alcance efectivo en las mismas condiciones que la PR4G-V3 sea incluso menor siendo como mucho de unos 6 kilómetros en las condiciones ideales planteadas en el párrafo anterior. [6]

El funcionamiento de los radioteléfonos se basa en que las antenas de los terminales emiten unas ondas radio que son captadas por la antena del otro equipo. Para que dichas ondas puedan ser captadas por el otro dispositivo, ambos deben estar configurados con la misma frecuencia para poder entenderse. Esto es lo que



Ilustración_2. Transmisión de ondas radio. Fuente: <http://electromagneticas-calzadilla.blogspot.com>

³ VHF hace referencia a la banda del espectro electromagnético que trabaja con unas frecuencias de entre 30 y 300 megahercios y es empleada principalmente para conexiones entre dispositivos al aire libre, ya que las ondas pertenecientes a dicho espectro son incapaces de penetrar muros.

provoca que en caso de que si las antenas no se ven o la frecuencia de emisión no es la correcta, la información se pierda por el camino.

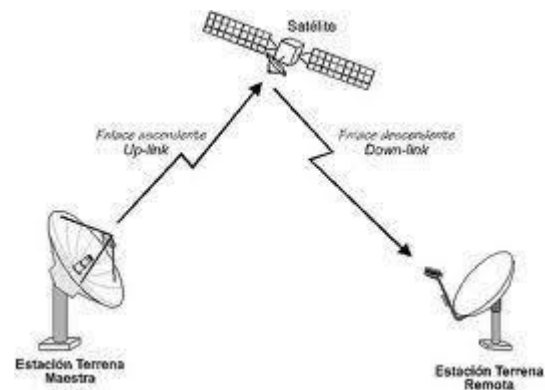
3.2. Medios de cobertura global

En el caso de los medios de cobertura global, el alcance es mucho más amplio, ya que como bien dice su nombre son dispositivos que permiten una cobertura en casi cualquier parte del globo. Su cobertura depende exclusivamente del satélite al que se conecte el dispositivo, porque estos suelen tener un mapa de cobertura que dependiendo de su localización permitirá comunicarse con unas zonas o con otras.

Los satélites funcionan como espejos de las ondas radio transmitidas por el medio desde la superficie terrestre, reflejándolas hacia el otro dispositivo. Su funcionamiento se puede resumir en tres fases:

1. El terminal es apuntado hacia el satélite, al cual radiará toda la información que quiere transmitir.
2. El satélite procesa la información recibida usando una serie de transpondedores, el cual obtendrá la información del paquete necesaria para su envío hacia la estación destino.
3. La información es devuelta hacia el terminal de destino.

Esto es similar a una red LAN Wireless (sin cables), ya que el paquete mandado desde el primer dispositivo debe contener toda la información referida al equipo de destino o de lo contrario el paquete se perderá por el camino. [7]



Ilustración_3. Transmisión de ondas satelitales. Fuente: Instituto Politécnico Nacional Comunicaciones satelitales

Por lo tanto, el empleo de medios de cobertura global podría ayudar a solucionar el problema de pérdida de cobertura de los radioteléfonos al aumentar el alcance de la conexión.

3.3. Sistemas de información a través de satélite

El sistema satelital permitiría incrementar el radio de cobertura de las unidades de montaña, suponiendo una mejora respecto al sistema de radiotelefonía actualmente empleado. Pero, ahora bien, ¿es posible el empleo del sistema BMS a través de la tecnología satelital?

El sistema de información BMS ha sido empleado por las distintas unidades a través de los radioteléfonos, porque es el método que usan las unidades de a pie para estar en contacto con otras unidades y con su órgano superior durante la maniobra, por lo que no se ha planteado previamente el usar dicho sistema a través de la tecnología satelital.

EL Trabajo de Fin de Grado del Teniente Don José Ángel Arenas Játiva titulado *“Integración de BMS y SIMACET mediante el uso de terminales satélites tipo DAMA”* planteó dicho problema. Dicho Trabajo de Fin de Grado estudió si era posible la integración del sistema de información BMS en el sistema de información SIMACET a través de la red DAMA del Ejército de Tierra. La red DAMA se basa en un tipo de acceso a los terminales satélites a través de la cual se accede al uso de los mismos sin realizar una solicitud previa de su uso, por lo que el ancho de banda está limitado a 8 kbps.

En su trabajo, el Teniente Arenas planteó los siguientes beneficios que aportaría la integración de los terminales a través de la red DAMA del Ejército de Tierra:

- *Aumento de la zona de maniobra de las unidades desplegadas, restringida por la zona de cobertura de las radios PR4G v3, al no tener comunicación entre las unidades más allá de la zona de cobertura.*
- *Capacidad de desplegar a una unidad sin dependencia de la posición de los puestos de mando, es decir, desplegar a una unidad a una gran distancia de los puestos de mando.*
- *Capacidad de situar de forma independiente la posición de los puestos de mando, sin tener en cuenta la distancia entre los mismos.*

A partir de estos beneficios se concluyó que la integración de los sistemas de información a través de los medios de cobertura global sería de gran utilidad en el desarrollo de la maniobra, ya que se dejaría de tener tanta dependencia de la posición de maniobra de la unidad pudiendo tener una mayor libertad de movimiento durante la maniobra.

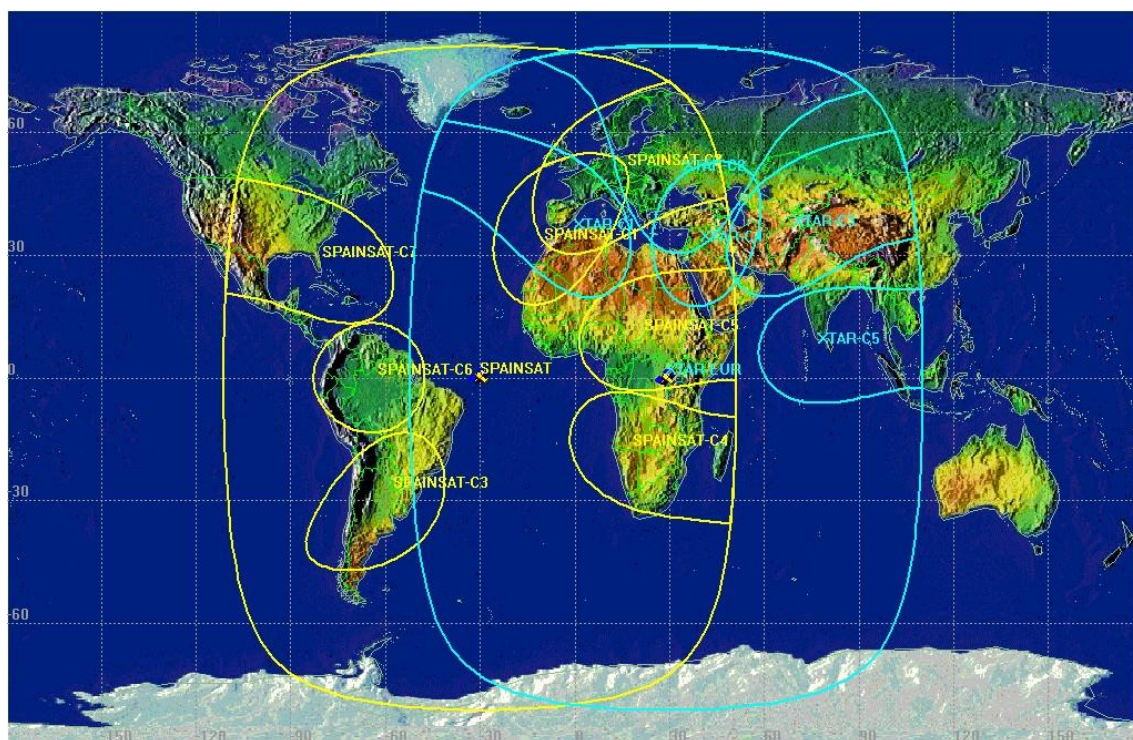
Para saber si esto sería posible el Teniente Don José Ángel Arenas Játiva afirmó que al ser el enlace limitante de la radio PR4G-V3 de 4,8 kbps, y el del satélite TLX-5 IP⁴ 8 kbps, el enlace limitante de la red DAMA no sería un problema para establecer la comunicación y por ello sería posible el empleo del sistema BMS a través de los medios de cobertura global. Y simplemente para que fuese efectiva, los mismos se deberán configurar de tal modo como si de una red LAN se tratase.[8]

3.4. Red Satelital del Ministerio de Defensa

⁴ El medio de cobertura global TLX-5 IP es el único dispositivo capaz de acceder a la red DAMA del ET.

La red DAMA del Ejército de Tierra pertenece al programa del Ministerio de Defensa denominado Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite (SECOMSAT), el cual se basa en el empleo de dos terminales satélites, SPAINSAT y XTAR-EUR. [9]

Estos satélites son de uso exclusivo del estado español y estos proporcionan una cobertura muy limitada. En la ilustración 5 se ve reflejado esto y en el caso de que cambie el ámbito de actuación de las tropas españolas podría dificultarse el empleo de dichos terminales.



Ilustración_4. Mapa de cobertura de los satélites SPAINSAT (zona naranja) y XTAR-EUR (zona azul)

El acceso a estos terminales puede ser de dos formas:

- **Con autorización para acceder al mismo:** de esta forma el ancho de banda disponible es mucho mayor que de la otra forma⁵, pero en cambio solo se puede usar el satélite el tiempo que se autorice. Para acceder al satélite de dicha forma se realiza una SAS (Solicitud de Acceso al Satélite), la cual es respondida con un AAS (Autorización de Acceso al Satélite), que contendrá todos los datos relativos al enlace del satélite.
- **Sin autorización para acceder al mismo:** es la denominada comunicación de acceso bajo demanda (Red DAMA), y el ancho de banda disponible para su uso

⁵ En el caso de los terminales TLX-5 IP con una solicitud de acceso podemos usar 64 kbps, mientras que sin ella la velocidad de bajada y subida está limitada a 8 kbps.

es inferior y suele estar muy limitado. Tiene la ventaja de que puede ser empleado siempre que se desee.

Para la implementación del sistema BMS en montaña, buscaremos aquel dispositivo que nos permita emplearlo siempre que deseemos. En el caso del Ejército de Tierra, se dispone del terminal TLX-5 IP, el cual es capaz de acceder a la red DAMA.

4. Integración del sistema BMS en montaña a través de los medios de cobertura global

Como ya hemos visto la única manera de implementar el sistema BMS en las unidades de montaña sería a través de la tecnología satelital y los medios de cobertura global, y tal como se ha explicado en el punto 3.3, es posible implementar el sistema BMS a partir de dicha tecnología.

Ahora bien, sabiendo que es posible implementarlo a través de los medios de cobertura global, ahora habría que analizar aquellos medios que nos permitan emplearlo en montaña, porque es un terreno muy distinto al resto y con unas condiciones climatológicas que pueden influir en el empleo de diversos dispositivos.

Del brainstorming realizado junto con miembros del pelotón de montaña se extrajeron las características que debe tener el tipo de terminal que se está buscando:

- Que sea fácilmente transportable por el personal. Tamaño y peso reducidos.
- Que nos permita estar la mayor parte del tiempo conectado, ya sea por su portabilidad o que la conexión pueda establecerse rápidamente.
- Que sea duro y resistente, ya que va a ser empleado en la montaña.
- Que aguante temperaturas de hasta -10°C y 40°C.
- Que sea estanco en cuanto al agua y polvo.
- Que el ancho de banda del terminal sea de 4,8 kbps o superior.

4.1. Terminales militares

El programa SECOMSAT, cuenta con una serie de terminales que garantizan el intercambio de información en tiempo real entre los Puestos de Mando y tenía como objetivo potenciar las telecomunicaciones militares por satélite. El programa establecía los siguientes medios en dotación:

- Semiestáticos:
 - SX-25
 - SX-50
 - SX-50IP
- Backbone:
 - TLX-100/200
 - Terminal de restauración
 - Terminales RBA
 - Terminales TTX-500
 - Terminales bibanda TTB-500

- AT-THE-QUICK HALT (ATQH)
- Desplegables (FLY-AWAY):
 - TLX-50
 - TLB-50
 - Manpack (TLX-5)

De todos ellos nos centraremos únicamente en el terminal **TLX-5** (véase sus características técnicas en la tabla 1) en su versión IP, único medio que por sus características puede ser transportado por las unidades ligeras. Dicho satélite forma parte de la red DAMA FAS-1, el cual se puede conectar a los satélites SPAINSAT y XTAR-EUR (ver el mapa de cobertura en la ilustración 5). [7]



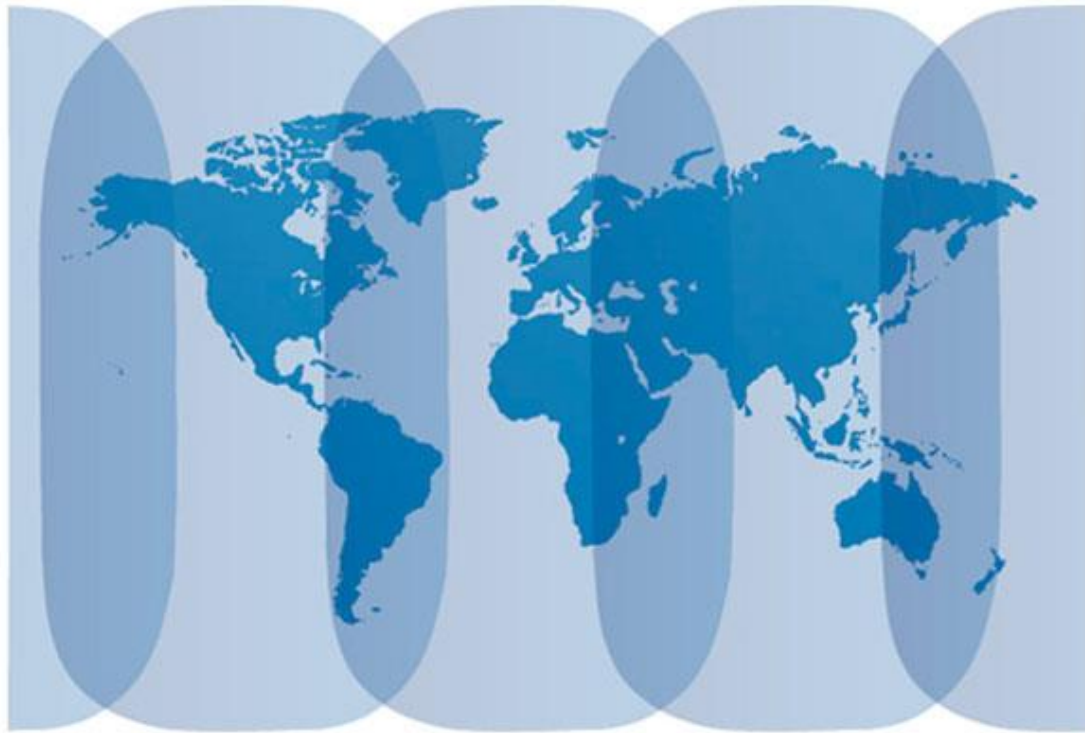
Ilustración_5.TLX-5 IP. Fuente: Elaboración propia

4.2. Terminales civiles

En el mercado de los medios de cobertura global civiles existen numerosas empresas capaces de proporcionar estos servicios, cada una de ellas con su propia constelación de satélites. De entre ellas nos centraremos en medios de tres compañías principalmente, IRIDIUM, INMARSAT y THURAYA, todas ellas empresas que previamente han tenido relaciones de compra con el Gobierno español.

4.2.1. IRIDIUM

La compañía IRIDIUM dispone de una constelación de satélites capaces de proporcionar servicios de telefonía y de datos, y está centrada principalmente en proporcionar servicios en ámbitos industriales, militares, gubernamentales y académicos. Actualmente la empresa dispone de 66 satélites orbitando, agrupados en 6 constelaciones de 11 satélites, los cuales tardan 100 minutos en dar la vuelta al mundo.



Ilustración_6. Mapa de cobertura de los satélites IRIDIUM. Fuente: www.iridium.com

De la compañía IRIDIUM nos centraremos en dos terminales:

- **Iridium 9575 Extreme (véase sus características técnicas en la tabla 1):** es uno de los teléfonos satelitales más modernos del mercado, el cual permite el uso de telefonía y datos a través del mismo. Tras el proceso de encendido, el cual el terminal se conecta directamente solo al satélite, estaría disponible para hacer llamadas y mandar mensajes de texto a través del mismo. En el caso del uso de datos sería necesario conectar el terminal por USB al portátil o Tablet que queramos conectar a internet.[10]



Ilustración_7. Terminal Iridium 9575 Extreme. Fuente: www.onedirect.es/productos/iridium/telefono-satelite-iridium-9575-extreme

- **Iridium GO! (véase sus características técnicas en la tabla 1):** uno de los medios de cobertura global más moderno y especial del mercado, porque se diferencia totalmente del resto en su aplicación. Este se trata de un router WIFI satelital, el

cual es capaz proporcionar servicios de voz y datos en los dispositivos conectados al mismo en un radio de 30 metros.[12]

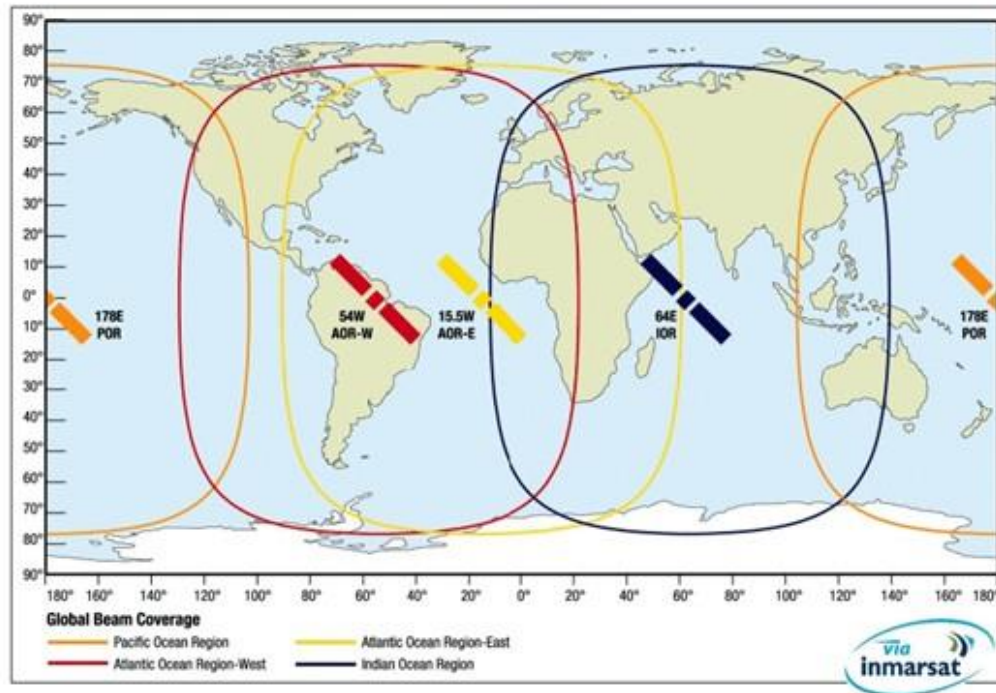


Ilustración_8. Terminal Iridium GO! Fuente: www.globalsat.us/products/gi-iridium-go

4.2.2. INMARSAT

La empresa INMARSAT proporciona servicios de datos y telefonía a través de sus satélites, centrada principalmente en el mundo marítimo, aunque proporciona una cobertura global y sus servicios se ofrecen en muchos más ámbitos. Actualmente cuenta con una constelación de 12 satélites geoestacionarios⁶, los cuales ofrecen una cobertura global a excepción de los polos.

⁶ Geoestacionario quiere decir que su órbita está en sincronía con la de la Tierra por lo que parece que está siempre en el mismo sitio.



Ilustración_9. Mapa de cobertura de los satélites INMARSAT. Fuente: www.inmarsat.com

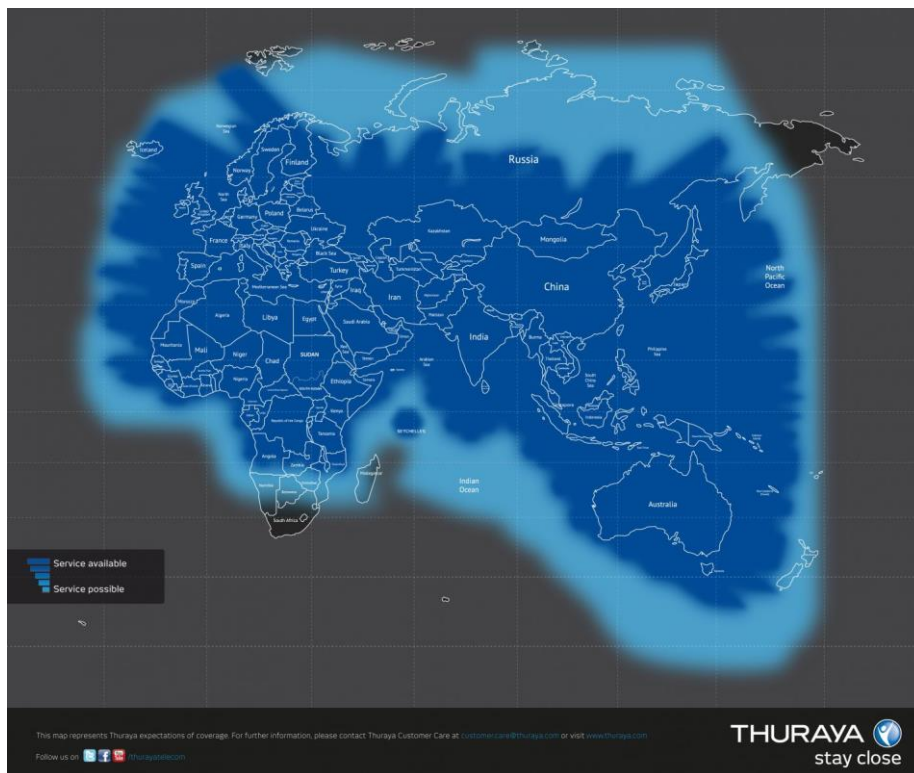
El Ministerio de Defensa español dispone del terminal **BGAN EXPLORER 500** (véase sus características técnicas en la tabla 1), perteneciente a dicha empresa, el cual funciona como una antena satélite y que tras ser apuntado hacia el satélite nos permite realizar llamadas de voz y de fax y también conectarnos a internet.[13]



Ilustración_10. Terminal BGAN EXPLORER 500. Fuente: www.nautical.es/equipos/comunicaciones/bgan-explorer-500

4.2.3. THURAYA

La compañía THURAYA, es un proveedor de telecomunicaciones por satélite que ofrece servicios de telefonía e internet por satélite en Europa, África y Oriente Medio. Esta compañía dispone solo de dos satélites geoestacionarios en órbita, siendo su mapa de cobertura el mostrado en la ilustración 12.



Ilustración_11. Mapa de cobertura de los satélites THURAYA. Fuente: www.thuraya.com

Ciertas unidades del Ejército de Tierra disponen del terminal **THURAYA IP (véase sus características técnicas en la tabla 1)**, el cual es un dispositivo que proporciona internet satelital y voz. Tras seguir las instrucciones del proceso de encendido del terminal, el mismo se conectaría al satélite ya partir de ese momento funcionaría como un router a excepción de que no emite ondas WIFI para su uso inalámbrico.[14]



Ilustración_12. Terminal Thuraya IP. Fuente: www.thuraya.com/thuraya-ip

La tabla 1 recoge todos los aspectos técnicos de los dispositivos mencionados previamente, y a partir de la cual se podrán comparar los medios de cobertura global y el posterior análisis QFD.

	TLX-5 IP	Iridum 9575 Extreme	Iridum GO!	BGAN EXPLORER 500	THURAYA IP
Tipo de terminal	Terminal militar	Terminal civil	Terminal civil	Terminal civil	Terminal civil
Dimensiones	0.01 m ³	226,8 cm ³	299,136 cm ³	2.448,576 cm ³	1.777,5 cm ³
Peso	16.000 g	247 g	295 g	1.400 g	1.300 g
Temperatura operacional	-20°C a +55°C	-25°C a +55°C	-10°C a +55°C	-10°C a +55°C	0°C a +55°C
Tiempo de uso	-En espera: 3 horas -En transmisión: 1 hora	-En espera: 36 horas -En transmisión: 4 horas	-En espera: 16 horas -En transmisión: 5,5 horas	-En espera: 36 horas -En llamada estándar: 3 horas -En llamada premium: 1 hora y 30 minutos -En bajada de datos a 128 kbps: 3 horas y 30 minutos -Subiendo datos a 128 kbps: 2 horas y 15 minutos	-En espera: 36 horas -En transmisión a máxima potencia: 1 horas
Tiempo de montaje y establecimiento de la conexión	10 minutos	15 minutos	1 minuto	5 minutos	5 minutos
Máxima transferencia de datos posible	-Sin acceso solicitado: 8 kbps -Con acceso: 64 kbps	13 kbps para la transferencia de datos y 2.4 kbps para telefonía	-Sin comprimir: de 2,4 a 2,8 kbps -Con compresión: 24 kbps	-Bajada: 464 kbps -Subida 448 kbps	-Streaming IP: 384 kbps -Standard IP: 444 kbps
Observaciones		-GPS integrado Botón SOS configurable que llama directamente al dispositivo que deseemos. -Certificado IP-65 relativo al agua y el polvo -Resistencia de grado militar: MIL-STD 810 F	-GPS integrado Botón SOS configurable que llama directamente al dispositivo que deseemos. -Certificado IP-65 relativo al agua y el polvo -Resistencia de grado militar: MIL-STD 810 F	-GPS integrado -Certificado IP-54 relativo al agua y el polvo	-GPS integrado -Certificado IP-55 relativo al agua y el polvo

Tabla_1. Características técnicas de los medios de cobertura global. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis QFD

A continuación, tras saber las especificaciones técnicas de una serie de dispositivos, con un funcionamiento muy diverso se realiza el Despliegue Funcional de la Calidad (QFD), con el cual podemos obtener aquellos aspectos que deban ser más importantes para la decisión del medio que se deba emplear para poder implementar el sistema de información BMS en las unidades de montaña y mejore los aspectos del medio actual disponible en las unidades, el TLX-5 IP.

Tras el análisis y como se observa en la tabla 2, lo principal es que la tasa de transmisión de datos sea igual o superior a la del TLX-5, de ahí a que la importancia que se le de a que la tasa de transmisión elevada sea máxima (5 en este caso). A esta le sigue que el terminal sea capaz de resistir las condiciones adversas de la climatología, como lluvia, frío, polvo, etc., ya que al ser un dispositivo que va a ser empleado en montaña, debe poder aguantarlas, de ahí que se le dé una importancia de 4 a este factor. Posteriormente le siguen dos factores a los cuales se les ha asignado la misma importancia (3), los cuales son que sea ligero y fácilmente transportable y que el establecimiento de conexión sea rápido. Y por último a la que menos importancia se da es a que las unidades puedan moverse con el dispositivo conectado, porque a pesar de que las unidades pierdan capacidad de movilidad al tener que pararse para establecer contacto, ya es más que la forma actual usada, porque a pesar de perder 5 minutos, al menos no están incomunicados durante largos periodos de tiempo.

Tras establecer las importancias se han introducido las especificaciones técnicas de los medios que hacen la competencia al TLX-5 y por cada especificación técnica se han ordenado los productos de mayor a menor y se han asignado las puntuaciones del 1 al 5 como figura en la tabla.

QUÉs (Requerimientos del cliente)	COMÓs (Especificaciones del fabricante)										Importancia (1-5)	MANPACK (TLX-5 IP)	Iridium 9575 Xtreme	Iridium GO!	THURAYA IP	BGAN EXPLORER 500	Objetivo	Ratio de mejora (tanto por 1)	Argumento de venta (1/1,2/1,5)	Ponderación absoluta	Ponderación relativa (%)	Orden de importancia
	Peso	Tamaño	Estanqueidad	Seguridad de uso	Movilidad del dispositivo con conexión	Temperatura mínima en la que puede ser utilizado	Duración de la batería	Tiempo que tarda en encenderse	Tasa de transmisión de datos													
Que sea ligero y fácil de transportar	9	9	7	1	5	1	7	1	1	3	1	5	4	3	2	2	2	1	6	0,11461	4	
Que su establecimiento de conexión sea fácil y rápido	1	1	1	6	1	1	2	9	3	3	1	5	5	4	4	3	3	1,2	10,8	0,2063	3	
Que nos permita movernos con el dispositivo conectado	9	9	7	4	9	7	9	5	6	2	1	5	5	2	2	4	4	1,5	12	0,22923	2	
Que aguante condiciones adversas	1	1	9	1	1	9	6	1	1	4	4	5	4	1	5	4	1	1,2	4,8	0,09169	5	
Que tenga una tasa de transmisión elevada	1	1	1	7	1	1	7	3	9	5	2	3	1	4	5	5	2,5	1,5	18,75	0,35817	1	
Valoración técnica	kg	cm³	SI/NO (1)	SI/NO (2)	SI/NO (3)	°C	h	min	kbps										52,35			
MANPACK (TLX-5 IP)	16	10	SI	SI	NO	-20	1	10	8													
Iridium 9575 Xtreme	0,247	226,8	SI	SI	SI	-25	4	15	13													
Iridium GO!	0,295	299,136	SI	NO	SI	-10	5,5	1	2,4													
THURAYA IP	1,3	1777,5	SI	SI	NO	0	1	5	444													
BGAN EXPLORER 500	1,4	2448,58	SI	SI	NO	-10	3,5	5	464													
Objetivo técnico	0,247	226,8	SI	SI	SI	-25	5,5	1	464													
										Indice												
										(1) Cerificación SI o NO												
										(2) Cerificación SI o NO												
										(3) Permite el uso de algún elemento para cifrar la comunicación como las VPN o un cifr												

Tabla_2. Análisis QFD. Fuente: Elaboración propia

La interpretación de la Casa de la Calidad refleja lo siguiente:

- El objetivo más importante del producto ha de ser tener una tasa de transmisión elevada, el cual no tiene un ratio de mejora elevado, ocupando el tercer lugar en dicho aspecto, ya que el terminal actual ya nos permite satisfacer nuestras necesidades, a pesar de su baja velocidad.
- Le sigue que nos permita movernos con libertad con el dispositivo en marcha, capacidad inexistente actualmente lo que se refleja en que su ratio de mejora es el más alto de todos.
- El tercer objetivo más importante es que el establecimiento de conexión del dispositivo sea rápido, y a su vez está en segundo lugar en el ratio de mejora. Esto es así porque el sistema actual es tedioso a la hora del montaje y establecer la conexión.
- El peso del producto es un factor importante, pero es a lo que menos se le debe dar importancia según lo obtenido en la tabla, al igual que aguante condiciones adversas ya que antes nos debemos centrar en otros factores.

Tras el análisis de la información, se obtienen una serie de requisitos los cuales debe obedecer el terminal:

- Requisito 1: El medio de cobertura global debe tener una tasa de transmisión superior a 8 kbps, ya que a tasas de transmisión inferiores surgirían problemas para que llegara la señal del BMS a tiempo
- Requisito 2: Aunque no permita el desplazamiento con el dispositivo en conexión, el tiempo de establecimiento del servicio ha de ser de 5 minutos o inferior.
- Requisito 3: El uso del terminal ha de asegurarnos que las comunicaciones han de poder securizarse ya que si no pueden ser interferidas por el enemigo.
- Requisito 4: Debe tener alguna certificación en cuanto a estanqueidad y dureza
- Requisito 5: El peso ha de ser inferior a 1,4 kilogramos.
- Requisito 6: La batería ha de durar un mínimo de 4 horas con el dispositivo en transmisión.
- Requisito 7: La temperatura efectiva del dispositivo ha de ser por lo menos - 10°C.

Estos requisitos permitirían abrir un proceso de compra, ya que a partir de ellos se podría crear un Pliego de Prescripciones Técnicas con el que poder obtener el medio de cobertura global con el que se podría implementar el sistema BMS en montaña. Con el Pliego de Prescripciones Técnicas la Dirección General de Armamento y Material solicitaría al Mando de Apoyo Logístico (MALE), y el mismo se encargaría del proceso de compra del mismo. se podría obtener el terminal que nos permitiría implementar el sistema BMS en montaña y con ello mejorar el mando y control de las unidades.

4.4. Análisis de riesgos sobre la implantación del terminal en las unidades

A continuación, se va a realizar un análisis de riesgos, con el objetivo de analizar la viabilidad de implementar este nuevo sistema, frente al actual, ya que el usado en la actualidad tiende a estar un obsoleto y ser poco eficaz (continuas pérdidas de conexión entre los dispositivos), pero puede que la implementación del nuevo suponga unos riesgos y unos esfuerzos que provoquen que no sea viable su implementación.

Para el análisis de riesgos se han tenido en cuenta los riesgos que dependen tanto de la implementación del nuevo sistema y la formación de los operadores, como de aquellos riesgos ajenos que puedan impedir la utilización de los mismos. Para clasificar estos riesgos se han tenido en cuenta dos factores:

- El impacto del riesgo que conllevaría puede ser de tres tipos, alto (representado por una H (High)), medio (representado por una M (Medium)) y bajo (representado por una L (Low)).
- La probabilidad de que estos riesgos surjan. A esto se les han asignado los valores 1, 2 y 3, siendo 1 la menor probabilidad posible y 3 la mayor.

Para la realización de este análisis se ha realizado a su vez una descripción de cada riesgo, con los posibles efectos que pudiesen derivar y las medidas a tomar para intentar solucionarlo o minimizarlo. La obtención de dichos riesgos de ha llevado a cabo junto con el personal del pelotón de montaña de la Compañía de Transmisiones, los cuales son los operadores de los mismos y saben con certeza aquellos problemas que pudiesen derivar de esto. Del análisis de riesgos se derivan las tablas 3 y 4.

Nº.	Descripción	Categoría del riesgo	Razones del riesgo	Consecuencias	Probabilidad	Clase de riesgo	Efectos del riesgo	Medidas	Clase de riesgo tras medidas
1	Medios obsoletos	Medios	Los terminales de los que dispone el ejército puede que estén obsoletos y halla que adquirir material nuevo	M	3	3M	Inoperatividad del servicio	Adquirir medios de cobertura global más modernos	1L
2	Mala configuración	Configuración	Los datos introducidos no son correctos y no permite el establecimiento de conexión entre los terminales	L	1	1L	No hay enlace entre los terminales	Revisar todos los parámetros introducidos	1L
3	Personal sin conocimiento	Configuración	Al ser un material nuevo, puede que el personal no conozca los dispositivos y conlleve a un uso erróneo del mismo	L	2	2L	Uso incorrecto de los servicios del terminal	Curso de formación del personal en el nuevo sistema implementado	1L
4	Estación inoperativa	Enlace	En caso de que el satélite este inoperativo, ya sea porque la empresa de la que depende deje de prestar el servicio del mismo o este caído momentáneamente u otras razones	H	1	1H	No hay enlace entre los terminales	Ponerse en contacto con la empresa encargada del terminal	1H
5	Condiciones climatológicas adversas	Enlace	Las condiciones meteorológicas impiden la llegada de la señal satélite al terminal	H	1	1H	No hay enlace entre los terminales		1H
6	Mal funcionamiento	Medios	Alguna pieza del terminal no se encuentre operativa para su funcionamiento lo que imposibilite el montaje	M	1	1M	Imposibilidad de montar los medios	Reparación del terminal	1L

Tabla_3. Análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de riesgos se han considerado 6 riesgos en cuanto a la implementación y uso del sistema BMS en las unidades de montaña. El primero de ellos se trata de que los medios de los que dispone el ejército estén obsoletos para la realización de esta tarea. Se ha considerado que este riesgo es de medio impacto (M) debido a que a la obsolescencia de los medios se basa principalmente en el tamaño y peso de los terminales existentes, porque solo se dispone de uno que es capaz de ser transportado por las unidades de a pie. La probabilidad de que ocurra esto es de 3, ya que se los nuevos terminales satélites que habría que adquirir no llegarían a todas las unidades al mismo tiempo y habría unidades que seguirían funcionando con este. La solución para esto es que se aumente la inversión inicial para que a todas las unidades les lleguen a la misma vez los nuevos terminales.

El segundo riesgo que se ha considerado surge de errores cometidos durante la configuración del terminal que pudieran provocar el fallo del enlace y por tanto que el servicio no se pueda llevar a cabo. Este riesgo es de bajo impacto (L), ya que este

problema se podría solventar revisando los parámetros introducidos. La probabilidad de que ocurra esto es baja, ya que previo a una maniobra esta tarea es llevada a cabo minuciosamente por el personal para evitar estos fallos.

El tercer riesgo considerado es derivado de la falta de conocimientos del personal, porque al introducir terminales nuevos se tendría que instruir al personal en el manejo de los mismos, ya que al no ser un material con el que hayan trabajado provocaría fallos en su uso. Este riesgo es de bajo impacto, ya que se puede solventar con un curso de especialización y la probabilidad de que ocurra es baja, ya que el sistema BMS si que ha sido empleado en el resto de unidades (a pesar de que la configuración satélite no se use), sería fácil encontrar operadores que sepan configurarlo.

El siguiente riesgo considerado es que la estación a la que se conecte el terminal no se encuentre operativa. El impacto de este riesgo es alto (H), porque durante el tiempo que ocurra el servicio estaría inoperativo. La probabilidad de ocurrir es baja (1), porque ya siendo una empresa civil o el propio ejército, el control que se lleva de la operatividad de los medios es elevada. Para minimizar los problemas se establecería contacto con el encargado del terminal para tratar de averiguar el estado y su solución.

El quinto riesgo considerado es derivado de la aparición de las condiciones climatológicas adversas. Se ha considerado que este riesgo es de alto impacto (H), debido a que la aparición de unas condiciones meteorológicas adversas sería capaz de impedir el establecimiento de enlace entre los terminales. La probabilidad de que ocurra esto es baja (1), ya que estos terminales se diseñan con el objetivo de minimizar el impacto en dichas situaciones. Ante esta situación no hay medida que se pueda tomar para minimizar el impacto del riesgo.

El último riesgo considerado vendría derivado de alguna pieza que pudiera estar defectuosa e impidiera la manipulación correcta del terminal para su puesta en funcionamiento. El impacto de este riesgo sería medio (M), ya que la pieza que pueda estar defectuosa puede tener graves perjuicios contra la puesta en funcionamiento del terminal. La probabilidad de que ocurra esto es baja (1), porque un correcto mantenimiento de los medios reduciría al mínimo este riesgo. Este riesgo se puede solucionar reparando el terminal y realizando revisiones periódicas que pudieran detectar a tiempo un fallo.

Como podemos comprobar en la tabla, hay varios problemas que pueden surgir a la hora de implementar el sistema y su puesta en funcionamiento. Como podemos comprobar la mayoría de los problemas son solventables fácilmente a excepción de aquellos que son difíciles de solventar por problemas del azar. A pesar de todos estos riesgos sería factible la implantación de este sistema a través de los medios de cobertura global, ya que el sistema actual utilizado en montaña impediría la implantación del mismo y a

pesar de los problemas que pudiesen surgir como vemos no hay ninguno de ellos que nos derivase a una inoperatividad total del servicio y que nos lleve a pensar que no es factible la implementación del sistema. Solo sería imposible de implementar si en la tabla 4 resumen existiese algún riesgo con una probabilidad alta de aparición y un alto impacto si aparece.

PROBABILIDAD	Alta (3)	-	1	-
	Media (2)	-	2	-
	Baja (1)	1	1	2
		Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)
		IMPACTO		

Tabla_4. Análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones y líneas futuras

5.1. Conclusiones

Este trabajo surge de la necesidad de mejorar la situación del mando y control de las unidades de montaña. Tras el análisis de la situación actual de las unidades y de los medios disponibles (TLX-5 IP) en las mismas, se comprobó que con dichos medios es factible la implementación del sistema de información BMS a través de la tecnología satelital y los medios de cobertura global, como demostró el Teniente Arenas en su Trabajo de Fin de Grado. Consecuentemente se ha buscado un terminal civil que permita su implantación eficaz en las unidades de montaña, con sus características específicas.

A partir del análisis QFD se han obtenido los requisitos técnicos los cuales debe tener el terminal que permita implementar el sistema BMS en montaña:

1. Tasa de transmisión superior a 8 kbps.
2. Tiempo de establecimiento de conexión igual o inferior a 5 minutos.
3. Comunicaciones seguras.
4. Certificado de estanqueidad y dureza.
5. Peso inferior a 1,4 kg.
6. Duración de la batería igual o superior a 4 horas.
7. Temperatura efectiva de uso de al menos -10°C.

Asimismo, se ha realizado un análisis de riesgos sobre la implantación de un terminal que cumpliera dichos requisitos y que muestre la viabilidad de la propuesta. Si bien esta solución requeriría tanto un esfuerzo económico por parte del Ejército de Tierra para la adquisición de una serie de medios de cobertura global y una inversión de tiempo en la especialización del personal que se convertirá en operadores de los terminales, se considera que la implementación del sistema de información BMS usando dichos terminales permitirá mejorar el mando y control de las unidades de montaña, clave para un Ejército moderno y efectivo.

5.2. Líneas futuras

A pesar de que la solución encontrada superaría las expectativas y permitiría implementar el sistema de información BMS en las unidades de montaña de una manera eficaz, hay proyectos en el mercado que están desarrollando el internet satelital, el cual permitiría estar enlazado en cualquier parte del mundo, el cual dispondría de un ancho de banda superior al mencionado durante el trabajo y que aceleraría las comunicaciones permitiendo enviar un mayor volumen de información respecto a los medios estudiados en el Trabajo de Fin de Grado.

De todos estos proyectos cabe mencionar el desarrollado por la empresa SpaceX, denominado STARLINK. El objetivo de este proyecto es crear una red satelital que funcione como una red mesh⁷, la cual permita conexiones a 1 Gbps en cualquier parte del mundo. Con una idea inicial de crear una megaconstelación de 12000 satélites actualmente hay funcionado 700. Las pruebas realizadas a la red en funcionamiento han dado lugar a un servicio de baja latencia con velocidades de hasta 100 Mbps. Este proyecto no ha pasado desapercibido para los Estados Unidos, los cuales firmaron un acuerdo CRADA (Acuerdo para la Investigación y Desarrollo Cooperativo) el mes de mayo de 2020. Este acuerdo permitirá al ejército americano entender el potencial del proyecto y dotarse de los medios o desarrollar los programas que le permitan adaptar el proyecto a sus equipos. [15]

Por lo tanto, pese a estar actualmente en desarrollo estas tecnologías en un futuro no muy lejano las comunicaciones satelitales ganarán un importante papel en el ejército. Este tipo de comunicación permitirá el uso de grandes anchos de banda en cualquier parte del mundo, con lo que las comunicaciones se facilitarán y nos permitirán seguir las misiones de un modo más fácil al acercarnos cada vez más a un mundo que nos permitirá ver el movimiento de las unidades en tiempo real y poder dar las órdenes necesarias que permitan a las mismas adaptarse a las nuevas situaciones. Para ello sería necesario la realización de un estudio sobre la viabilidad de realizar un proyecto de internet satelital como el hablado a través de los medios de cobertura global, el cual ponga a España y a sus ejércitos a la vanguardia de las telecomunicaciones.

⁷ Red mesh: es una red en la que hay un router y varios puntos de acceso (en este caso los satélites), y estos puntos de acceso son capaces de conectarse entre sí, con el objetivo de ampliar el radio de cobertura de la red.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Castells, La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1, 1996
- [2] Ejército de Tierra, "Sistemas de información y telecomunicaciones (CIS) desplegables" (PD3-317), 2018.
Ejército de Tierra, "Establecimiento y empleo de SIMACET" (PD3-602), 2009.
- [3] R. Acero, J. Pastor, J. Sancho, M. Torralba, "Ingeniería de la calidad", Centro Universitario de la Defensa, Zaragoza, 2019
- [4] J.L. Cano, R. Rebollar, M.J. Saenz, "Manual de gestión de proyectos", AEIPRO, 2008.
- [5] Ejército de Tierra, "Radioteléfono PR4G-V3" (MI-500), 2016.
- [6] Ejército de Tierra, "Radio HF Harris RF-5800-H" (MI-506), 2018.
- [7] Ejército de Tierra, "Medios de Cobertura Global" (MI-503), 2015.
- [8] J.A. Arenas, "Trabajo de Fin de Grado. Integración de BMS y SIMACET mediante el uso de terminales satélite tipo DAMA", Repositorio de la Universidad de Zaragoza, 2019.
- [9] Ejército de Tierra, "Programa SECOMSAT Desplegable", 2019.
- [10] Iridium Satellite LLC, "Iridium Extreme Brochure", 2012.
- [11] Iridium Satellite LLC, "Iridium Extreme User FAQs".
- [12] Iridium Satellite LLC, "Iridium GO! Brochure", 2014.
- [13] Thrane & Thrane A/S, "BGAN EXPLORER 500 User Manual", 2005.
- [14] Thuraya Telecommunications Company, "THURAYA IP User Manual", 2008.
- [15] D. Martín Reina, "La constelación STARLINK", ¿Cómoves?, 2020.

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista al Cabo 1º Lucas Jefe del Pelotón de Montana de la Compañía de Transmisiones de la Brigada Aragón I

“¿En que se basan actualmente las telecomunicaciones en montaña?”

Las telecomunicaciones en montaña actualmente se basan en los sistemas de radioteléfonos PR4G-V3 o la Harris 7800 en su banda VHF al ser ambos bastante cómodos de transportar. Nosotros principalmente usamos la PR4G-V3, porque la radio Harris 7800 para una comunicación efectiva debe desplegarse junto con una gran antena que no es efectiva por el tiempo que se pierde en desplegarla y lo fácil que es de ver por el enemigo.

¿Qué problema surge con la radio?

Con este sistema surge el problema de que a ciertas distancias o por la diferencia de altura la conexión se pierde, para lo que se establecen relés estáticos con miembros de la unidad.

¿Se han planteado la posibilidad de implementar los sistemas de información como el BMS?

No se ha planteado la posibilidad de implementarlos porque al ser un medio que requiera una conexión casi de un modo continuo, porque para saber la posición de las unidades y las nuevas órdenes durante cierto tiempo deberían poder conectarse para ello, pero con los sistemas actuales es difícil de implementar, porque a pesar de que los relés es una solución efectiva en el caso de maniobras en caso de desplegar fuera del territorio nacional esta solución no sería factible, ya que se pierde gente por el camino y en caso de que estas sufran un ataque nos quedaríamos incomunicados. Lo normal es que si la unidad de montaña despliegue de manera efectiva, este horas e incluso días incomunicada con su órgano superior.

¿Se ha pensado en usar los medios de cobertura global para solucionar esto?

No, porque el ET dispone únicamente del terminal TLX-5 o Manpack, el cual es un medio que principalmente debido a las dificultades que genera su uso y transporte su uso es nulo.”